

Hits

UP

2001-08-03

TI

Multilayer type piezoelectric converter has two ceramic material layers on opposite sides of drive electrodes connected together at number of positions

PN

DE19634842-A1

01 P 24480 (7)



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

Offenlegungsschrift
10 DE 196 34 842 A 1

51 Int. Cl.⁶:
H 01 L 41/09 B5
H 01 L 41/083

21 Aktenzeichen: 196 34 842.0
22 Anmeldetag: 28. 8. 96
43 Offenlegungstag: 6. 3. 97

DE 196 34 842 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31
31.08.95 JP 7-223057

71 Anmelder:
Murata Mfg. Co., Ltd., Nagaokakyo, Kyoto, JP

74 Vertreter:
Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 82049 Pullach

72 Erfinder:
Ando, Akira, Nagaokakyo, Kyoto, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

64 Piezoelektrischer Wandler

57 Bei einem piezoelektrischen Wandler vom Mehrschichten-
typ verhindert die vorliegende Erfindung die Verschlechter-
ung der Charakteristika und von der mechanischen Stärke,
die durch die Trennung einer Mehrzahl von piezoelektrischen
Keramikmaterialsichten in Bereichen, in denen die piezo-
elektrischen Keramikmaterialsichten mit einer Mehrzahl
von Treiberelektroden überlappt angeordnet sind, bewirkt
werden. Treiberelektroden, die in einem laminierten Ele-
ment, das aus einer Mehrzahl von piezoelektrischen Kera-
mikmaterialsichten gebildet ist, positioniert sind, sind wie
ein Gitter oder wie Streifen gebildet, um die Treiberelektro-
den mit einer Mehrzahl von gelochten Abschnitten zu
versehen, durch die die piezoelektrischen Keramikmaterial-
schichten, die auf beiden Seiten der Treiberelektroden
positioniert sind, an einer Mehrzahl von Positionen miteinan-
der verbunden werden können.

DE 196 34 842 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen piezoelektrischen Wandler vom Mehrschichtentyp und insbesondere auf eine Verbesserung des Musters von Treiberelektroden, die in einem laminierten Element positioniert sind, das aus einer Mehrzahl von piezoelektrischen Keramikmaterialsichten besteht.

Ein piezoelektrischer Wandler umfaßt ein piezoelektrisches Element in der Form einer länglichen Platte mit einer Mehrzahl von darauf gebildeten Elektroden. Eine erste und eine zweite Elektrode sind an einer longitudinalen Seite des piezoelektrischen Elements gebildet, derart, daß sie sich in der Dickenrichtung des piezoelektrischen Elements gegenüberliegen. Eine dritte Elektrode ist auf einer Endseite auf der anderen longitudinalen Seite des piezoelektrischen Elements gebildet. Eine Seite des piezoelektrischen Elements ist in der Richtung seiner Dicke polarisiert, während die andere Seite in der longitudinalen Richtung desselben polarisiert ist. Die erste und die zweite Elektrode dienen als Treiberabschnitt oder ein Eingangsseite, während die dritte Elektrode als Leistungserzeugungsabschnitt oder als Ausgangsseite dient.

Wenn eine Eingangsspannung mit einer natürlichen Resonanzfrequenz, welche von der longitudinalen Dimension des piezoelektrischen Elements abhängt, zwischen die oben beschriebene erste und zweite Elektrode angelegt wird, wird das piezoelektrische Element einer starken mechanischen Schwingung in der longitudinalen Richtung aufgrund eines elektrostriktiven Effekts unterworfen. Dies resultiert in einem piezoelektrischen Effekt auf der anderen Seite des piezoelektrischen Elements, wodurch eine elektrische Ladung erzeugt wird, welche als eine Wechsel-Hochspannung zwischen der dritten Elektrode und entweder der ersten oder der zweiten Elektrode ausgegeben wird. Wie oben beschrieben wurde, führt ein piezoelektrischer Wandler eine Aufwärtshandlung durch, indem elektrische Energie in mechanische Energie und ferner die mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt werden.

Bei einem solchen piezoelektrischen Wandler werden normalerweise piezoelektrische Keramikmaterialien, wie z. B. Materialien vom Blei-Zirkonat-Titanat-Typ als das piezoelektrische Element verwendet. Piezoelektrische Wandler weisen jedoch das Problem auf, daß sie schwierig in die Praxis umzusetzen sind, da ihre Aufwärtsverhältnisse (d. h. ihre "step-up"-Verhältnisse) im allgemeinen klein sind. Faktoren, die das Aufwärtsverhältnis bestimmen, umfassen die longitudinale Abmessung des piezoelektrischen Elements und die Abmessung in der Richtung der Dicke, d. h. den Abstand zwischen der ersten und der zweiten Elektrode. Je größer die longitudinale Abmessung oder je kleiner die Dickenabmessung wird, ein um so größeres Aufwärtsverhältnis kann erreicht werden. Eine Erhöhung in der longitudinalen Richtung resultiert jedoch in Problemen, wie z. B. einem Anstieg der Abmessung des piezoelektrischen Wandlers und einer Schwierigkeit bei der Polarisation. Eine Abnahme der Abmessung in der Dickenrichtung resultiert in einem Problem, und zwar, daß die mechanische Stärke des piezoelektrischen Elements reduziert wird. Beide der oben beschriebenen Lösungsansätze können nicht sinnvoll als Mittel zum Erhöhen eines Aufwärtsverhältnisses so, wie sie sind, verwendet werden.

Piezoelektrische Wandler vom Mehrschichtentyp wurden vorgeschlagen, welche diese Probleme lösen können und ein relativ großes Aufwärtsverhältnis schaffen können. Bei einem piezoelektrischen Wandler vom Mehrschichtentyp ist das piezoelektrische Element als ein laminiertes Element vorgesehen, das aus einer Mehrzahl von piezoelektrischen Keramikmaterialsichten besteht, wobei jede eine Mehrzahl von Treiberelektroden, welche als Elektroden auf einer Treiber- oder Eingangsseite dienen, derart gebildet wird, daß sie einer benachbarten Treiberelektrode gegenüberliegt, wobei eine piezoelektrische Keramikmaterialsicht zwischen dieselben gelegt ist. Eine erste, eine zweite und eine dritte Anschlußelektrode werden auf einer äußeren Oberfläche des laminierten Elements gebildet, wonach die Mehrzahl von Treiberelektroden abwechselnd mit der ersten oder mit der zweiten Anschlußelektrode elektrisch verbunden werden. Die dritte Anschlußelektrode dient als Elektrode auf einer Leistungserzeugungsseite oder Ausgangsseite.

Wie oben beschrieben wurde, erlaubt die Verwendung eines piezoelektrischen Wandlers vom Mehrschichtentyp, daß der Abstand zwischen den Elektroden reduziert werden kann, ohne daß die mechanische Stärke des piezoelektrischen Elements reduziert wird, und daß die mechanische Energie, die durch den elektrostriktiven Effekt erzeugt wird, erhöht wird. Dies macht es möglich, ohne weiteres ein praktisches Aufwärtsverhältnis zu erreichen. Bei einem solchen piezoelektrischen Wandler vom Mehrschichtentyp, führt jedoch die Anwesenheit der Treiberelektroden in dem laminierten Element zu einer Trennung, wenn während des Treibens des piezoelektrischen Wandlers eine mechanische Schwingung oder ein bestimmter Stoß von außen angelegt werden. Es wurde herausgefunden, daß eine solche Trennung die Charakteristika des piezoelektrischen Wandlers verschlechtern können, und daß sie ein Wandern der Treiberelektroden bei hohen Temperaturen und einer hohen Feuchtigkeit bewirken können, bei der Wasser selbst in einen kleinen getrennten Bereich eindringen kann.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen piezoelektrischen Wandler vom Mehrschichtentyp zu schaffen, der in der Lage ist, die Trennung von piezoelektrischen Keramikmaterialsichten zu minimieren.

Diese Aufgabe wird durch einen piezoelektrischen Wandler gemäß Anspruch 1 gelöst.

Die vorliegende Erfindung ist auf einen piezoelektrischen Wandler vom Mehrschichtentyp mit folgenden Merkmalen ausgerichtet: einem laminierten Element, das aus einer Mehrzahl von piezoelektrischen Keramikmaterialsichten besteht; einer ersten, einer zweiten und einer dritten Anschlußelektrode, welche jeweils an verschiedenen Positionen auf einer äußeren Oberfläche des laminierten Elements gebildet sind; einer Mehrzahl von ersten Treiberelektroden, die mit der ersten Anschlußelektrode elektrisch verbunden sind; und zumindest einer zweiten Treiberelektrode, die mit einer zweiten Anschlußelektrode elektrisch verbunden ist, und die durch mindestens eine piezoelektrische Keramikmaterialsicht, welche zwischen denselben positioniert ist, den ersten Treiberelektroden gegenüberliegt. Um die oben beschriebenen technischen Probleme zu lösen, ist die vorliegende Erfindung dadurch charakterisiert, daß entweder die erste oder die zweite oder beide Treiberelektroden, welche in dem laminierten Element positioniert sind, eine Mehrzahl von durchgestochenen Abschnitten auf-

weist, um es zu bewirken, daß zwei piezoelektrische Keramikmaterialsichten, die auf beiden Seiten der Treiberelektrode positioniert sind, an einer Mehrzahl von Stellen miteinander verbunden werden können.

Eine Treiberelektrode mit einem durchgestochenen Abschnitt, wie oben beschrieben, kann beispielsweise in der Form eines Gitters oder in der Form von Streifen gebildet werden.

Gemäß der vorliegenden Erfindung weist, wie es oben beschrieben wurde, eine Treiberelektrode, die in dem laminierten Element positioniert ist, eine Mehrzahl von gelochten Abschnitten auf, durch die piezoelektrische Keramikmaterialsichten auf beiden Seiten der Treiberelektrode an einer Vielzahl von Positionen miteinander verbunden werden, wodurch die Trennung zwischen den piezoelektrischen Keramikmaterialsichten nicht auftreten wird. Dies macht es möglich, einen piezoelektrischen Wandler vom Mehrschichtentyp zu haben, welcher einen hohen Feuchtigkeitswiderstand, eine geringere Verschlechterung von Charakteristika und eine verbesserte mechanische Stärke aufweist.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die bei liegenden Zeichnungen detaillierter erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht, die schematisch einen piezoelektrischen Wandler gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt.

Fig. 2 eine Draufsicht des piezoelektrischen Wandlers aus Fig. 1, welche die Zustände der oberen Seiten der piezoelektrischen Keramikmaterialsichten $2a, \dots, 2n$ und der Unterseite einer piezoelektrischen Keramikmaterialsicht $2n$ darstellt.

Fig. 3 eine Ansicht, die mit Fig. 2 vergleichbar ist und ein zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt.

Fig. 4 eine Ansicht, die mit Fig. 2 vergleichbar ist und ein drittes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 5 eine Ansicht, die mit Fig. 2 vergleichbar ist und ein viertes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt; und

Fig. 6 einen Graphen, der einen Vergleich zwischen Veränderungen der Aufwärtsverhältnisse bezüglich von Eingangsspannungen des ersten bis vierten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung und einem Beispiel, das gemäß dem Stand der Technik hergestellt ist, darstellt.

Bezugnehmend nun auf die Zeichnungen, bei denen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen, ist in Fig. 1 schematisch ein piezoelektrischer Wandler gezeigt, der gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung aufgebaut und allgemein mit 1 bezeichnet ist. Der piezoelektrische Wandler 1 umfaßt ein laminiertes Element 3, das aus einer Mehrzahl von piezoelektrischen Keramikschichten $2a, 2b, 2c, \dots, 2n$ besteht. Eine erste, eine zweite und eine dritte Anschlußelektrode 4, 5 und 6 sind jeweils an verschiedenen Positionen auf einer äußeren Oberfläche des laminierten Elements 3 gebildet. Bei diesem Ausführungsbeispiel weist das laminierte Element 3 eine längliche Gestalt auf. Die erste und die zweite Anschlußelektrode 4 und 5 sind vorzugsweise auf einer longitudinalen Seite des laminierten Elements 3 gebildet, während die dritte Anschlußelektrode 6 auf einer Endseite der longitudinalen Seite des laminierten Elements 3 gebildet ist.

Fig. 2 ist eine Draufsicht des piezoelektrischen Wandlers 1, der in Fig. 1 gezeigt ist, welche die Zustände der oberen Seiten der piezoelektrischen Keramikmaterialsichten $2a, \dots, 2n$ und der Unterseite einer piezoelektrischen Keramikmaterialsicht $2n$ zeigt. Treiberelektroden $7a, \dots, 7n$ sind jeweils auf einer longitudinalen Seite der oberen Oberfläche der piezoelektrischen Keramikmaterialsicht $2a, \dots, 2n$ gebildet. Ferner ist eine Treiberelektrode 8 auf der longitudinalen Unterseite der untersten piezoelektrischen Keramikmaterialsicht $2n$ gebildet, wie es durch die perspektivische Darstellung der piezoelektrischen Keramikmaterialsicht $2n$ unten in Fig. 2 gezeigt ist.

Die Treiberelektroden an ungeradzahlig numerierten Positionen unter den Treiberelektroden $7a, \dots, 7n$ und 8, d. h. die erste Treiberelektrode $7a$, die dritte Treiberelektrode $7c$, usw., sind jeweils mit der ersten Anschlußelektrode 4 elektrisch verbunden, um einen ersten Satz von Treiberelektroden zu bilden. Andererseits sind die Treiberelektroden an geradzahlig numerierten Positionen, d. h. die zweite Treiberelektrode $7b$, die vierte Treiberelektrode $7d$, usw. (einschließlich der Elektrode 8) jeweils mit der zweiten Anschlußelektrode 5 elektrisch verbunden, um einen zweiten Satz von Treiberelektroden zu bilden.

Ferner liegen sich die jeweiligen Elektroden des ersten Satzes von Treiberelektroden und des zweiten Satzes von Treiberelektroden gegenüber, wobei zwischen dieselben eine jeweilige piezoelektrische Keramikmaterialsicht $2a, \dots, 2n$ positioniert ist.

Fig. 2 verzichtet auf die Darstellung einer geeigneten Anzahl von piezoelektrischen Keramikmaterialsichten, welche zwischen den piezoelektrischen Keramikmaterialsichten $7c$ und $7n$ laminiert sein können. Um die Anzahl der Treiberelektroden durch Erhöhen der Anzahl von laminierten piezoelektrischen Keramikmaterialsichten, die das laminierte Element 3 bilden, zu erhöhen, wird die Laminierung von piezoelektrischen Keramikmaterialsichten $7b$ und $7c$ zwischen den piezoelektrischen Keramikmaterialsichten $7c$ und $7n$ wiederholt.

In Fig. 1 ist die Polarisationsrichtung durch Pfeile angezeigt. Auf der longitudinalen Seite des laminierten Elements 3, an der sich die Treiberelektroden $7a, \dots, 8$ einander gegenüberliegen, erstreckt sich die Polarisation jeder aufeinanderfolgenden piezoelektrischen Keramikmaterialsicht $2a, \dots, 2n$ in der Dickenrichtung der Schicht, jedoch in abwechselnden Richtungen. Auf der anderen longitudinalen Seite des laminierten Elements 3 ist die Polarisation vorzugsweise lediglich in einer einzigen longitudinalen Richtung des laminierten Elements 3 vorgesehen.

Bei einem solchen piezoelektrischen Wandler 1 bewirkt der elektrostriktive Effekt eine starke mechanische Schwingung in der Longitudinalrichtung des laminierten Elements 3, wenn eine Eingangsspannung zwischen die erste und die zweite Anschlußelektrode 4 und 5 angelegt wird. Dies resultiert in der Erzeugung einer elektrischen Ladung aufgrund eines piezoelektrischen Effekts auf der Seite des laminierten Elements 3, auf der die

dritte Anschlußelektrode 6 positioniert ist. Die elektrische Ladung kann als Wechsel-Hochspannung zwischen der dritten Anschlußelektrode 6 und entweder der ersten Anschlußelektrode 4 oder der zweiten Anschlußelektrode 5 abgenommen werden.

Die oben beschriebene Konfiguration ist die gleiche wie die eines herkömmlichen piezoelektrischen Wandlers vom Mehrschichtentyp. Nachfolgend wird eine Konfiguration beschrieben, welche für die vorliegende Erfindung charakteristisch ist.

Wie es in Fig. 2 deutlich gezeigt ist, sind die Anschlußelektroden 7b, 7c, ..., 7n, die in dem laminierten Element 3 positioniert sind, in der Form eines Gitters gebildet. Als Ergebnis wird eine Mehrzahl von gelochten Abschnitten 9 in den Anschlußelektroden 7b, 7c, ..., 7n gebildet. Solche gelochten Abschnitte 9 erlauben es, daß zwei der piezoelektrischen Keramikmaterialsichten 2a, ..., 2n, die auf gegenüberliegenden Seiten jeder der Anschlußelektroden 7b, ..., 7n positioniert sind, an einer Mehrzahl von Positionen miteinander verbunden werden. Wenn nun die laminierten piezoelektrischen Keramikmaterialsichten 2a, ..., 2n gebrannt werden, um das laminierte Element 3 zu erhalten, werden verbundene piezoelektrische Keramikmaterialsichten miteinander durch die gelochten Abschnitte 9 gesintert, um einen stark verbundenen Zustand zu erreichen.

Die Fig. 3, 4 und 5 zeigen weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung. Die Fig. 3, 4 und 5 sind Ansichten, die zu der oben beschriebenen Fig. 2 vergleichbar sind und auf die gleiche Art und Weise gezeichnet sind. Bei den Fig. 3, 4 und 5 weisen Elemente, die denen in Fig. 2 entsprechen, gleiche Bezugszeichen auf und sind hierin nicht weiter beschrieben, um Wiederholungen zu vermeiden. Nachfolgend wird eine Konfiguration beschrieben, die für diese Ausführungsbeispiele charakteristisch ist, und zwar bezugnehmend auf die Fig. 3, 4 und 5.

Bezugnehmend auf Fig. 3 sind die Treiberelektroden 7b, 7c, ..., 7n, die in dem laminierten Element 3 positioniert sind, in der Form von Streifen vorgesehen, die sich in der Breitenrichtung des laminierten Elements 3 erstrecken. Als Ergebnis bilden die Treiberelektroden 7b, 7c, ..., 7n gelochte Abschnitte 9 zwischen jeweiligen Streifen.

Bezugnehmend auf Fig. 4 sind die Treiberelektroden 7b, 7c, ..., 7n, die in dem laminierten Element 3 positioniert sind, in der Form von Streifen vorgesehen, die sich in der longitudinalen Richtung des laminierten Elements 3 erstrecken. Als Ergebnis bilden die Treiberelektroden 7b, 7c, ..., 7n gelochte Abschnitte 9 zwischen den jeweiligen Streifen.

Wenn sich die Streifenabschnitte der Treiberelektroden 7b, 7c, ..., 7n in der Breitenrichtung des laminierten Elements 3 erstrecken, wie es in Fig. 3 gezeigt ist, sind die Streifenabschnitte durch die Anschlußelektrode 4 oder 5 miteinander verbunden, was es erlaubt, daß alle Streifenabschnitte als die Treiberelektroden 7b, 7c, ..., 7n wirken. Wenn sich die Streifenabschnitte der Treiberelektroden 7b, 7c, ..., 7n in der longitudinalen Richtung des laminierten Elements 3 erstrecken, wie es in Fig. 2 gezeigt ist, können die Streifenabschnitte nicht miteinander durch die Anschlußelektrode 4 oder 5 verbunden werden. Daher ist jede der Treiberelektroden 7b, 7c, ..., 7n, die in Fig. 4 gezeigt ist, mit einer Verbindungsleitung 10 zum elektrischen Miteinanderverbinden der Streifenabschnitte gebildet.

Bezugnehmend auf Fig. 5 sind die Treiberelektroden 7b, 7c, ..., 7n, die in dem laminierten Element 3 positioniert sind, in der Form von Streifen in einer Anordnung vorgesehen, bei der die Treiberelektroden 7b, ... in der Form von Streifen, die sich in der Breitenrichtung des laminierten Elements 3 ausdehnen, mit den Treiberelektroden 7c, ... in der Form von Streifen, die sich in der longitudinalen Richtung des laminierten Elements 3 erstrecken, abwechseln.

Wenn die streifenförmigen Treiberelektroden 7b, 7c, ..., 7n gebildet sind, wie es in den Fig. 3 und 5 gezeigt ist, ist die Richtung, in der sich die Streifen erstrecken, nicht auf die Breitenrichtung des laminierten Elements 3 oder auf die longitudinale Richtung desselben begrenzt. Ferner können sie sich diagonal oder schief erstrecken. Ferner können beispielsweise die gelochten Abschnitte 9 durch Verteilen von kreisförmigen kleinen Löchern an einer Mehrzahl von Positionen auf jeder der Treiberelektroden 7b, 7c, ..., 7n statt des Bereitstellens der Treiberelektroden 7b, 7c, ..., 7n in der Form eines Gitters oder in der Form von Streifen vorgesehen sein. Jede Struktur, welche das gewünschte Ergebnis, d. h. das Zulassen, daß benachbarte Keramikschichten einen festen Verbindungszustand erreichen, erreicht, kann verwendet werden.

Obwohl die gelochten Abschnitte 9 vorzugsweise in allen Treiberelektroden 7b, 7c, ..., 7n, die in dem laminierten Element 3 positioniert sind, vorgesehen sind, kann der Effekt der vorliegenden Erfindung aus einem gelochten Abschnitt erreicht werden, der in nur einer Treiberelektrode vorgesehen ist.

Obwohl der erste Satz von Treiberelektroden 7a, 7c, ..., 7n, welcher mit der ersten Anschlußelektrode 4 verbunden ist, und der zweite Satz von Treiberelektroden 7b, ..., 8, welcher mit der zweiten Anschlußelektrode 5 verbunden ist, sich eins um eins abwechseln, können andere Anordnungen verwendet werden. Paare von benachbarten Treiberelektroden (z. B. 7a, 7b) können mit der ersten Anschlußelektrode 4 verbunden werden, während abwechselnde Paare von Treiberelektroden (z. B. 7c, 7d) mit der zweiten Anschlußelektrode 5 verbunden sein können. Um den Effekt der vorliegenden Erfindung zu bestätigen, wurden, wie es nachfolgend beschrieben ist, Proben vorbereitet, und zwar gemäß den Ausführungsbeispielen, die in Fig. 2 bis 5 gezeigt sind.

Zuerst wurde ein Keramikdickschlamm aus beispielsweise $Pb(Mn, Nb)O_3$ -Typ-Keramik hergestellt und einem Streichmesserverfahren unterworfen, um Grünsichten zu bilden, damit sie als die piezoelektrischen Keramikmaterialsichten 2a, ..., 2n wirken. Eine Paste, die Ag/Pd (in einem Gewichtsverhältnis von 7 : 3) aufweist, wurde auf die Grünsichten gedruckt, um Pastenfilme zu bilden, damit dieselben als die Treiberelektroden 7b, ..., 7n, die in dem laminierten Element 3 positioniert sind, dienen. Anschließend wurden diese Grünsichten laminiert, gepreßt und gehärtet, um ein laminiertes Element 3 zu erhalten, das aus 9 piezoelektrischen Keramikmaterialsichten 2a, ..., 2n besteht.

Acht Treiberelektroden 7b, ..., 7n wurden in dem laminierten Element 3 gebildet. Diese Treiberelektroden 7b, ... 7n wurden in der Form eines Gitters bei dem ersten Ausführungsbeispiel, wie es in Fig. 2 gezeigt ist,

geschaffen. Sie wurden in der Form von Streifen, die sich in der Breitenrichtung erstrecken, bei dem zweiten Ausführungsbeispiel geschaffen, wie es in Fig. 3 gezeigt ist. Bei dem dritten Ausführungsbeispiel wurden sie in der Form von Streifen, die sich in der longitudinalen Richtung erstrecken, geschaffen, wie es in Fig. 4 gezeigt ist. Bei dem vierten Ausführungsbeispiel wechseln sich die Elektroden in der Form von Streifen, die sich in der Breitenrichtung erstrecken, mit denen in der Form von Streifen ab, die sich in der longitudinalen Richtung erstrecken, wie es in Fig. 4 gezeigt ist. Ferner wurde eine Probe als Vergleichsbeispiel hergestellt, bei der die Treiberelektroden 7b, ..., 7n, die in dem laminierten Element 3 gebildet sind, keinen gelochten Abschnitt besaßen. Als nächstes wurden die Treiberelektroden 7a und 8, und die erste, die zweite und die dritte Anschlußelektrode 4, 5 und 6 auf einer äußeren Oberfläche jedes laminierten Elements 3 mittels der Dampfabcheidung von Ag gebildet.

Die Abmessungen der laminierten Elemente 3, die bei den Ausführungsbeispielen und bei dem Vergleichsbeispiel erhalten wurden, waren alle in der longitudinalen Richtung 40 mm lang, in der Breitenrichtung 10 mm lang und in der Dickenrichtung 2 mm lang. Ferner betrugen die Abmessungen der Treiberelektroden 7a, ..., 7n und 8 alle in der longitudinalen Richtung 20 mm und in der Breitenrichtung 9 mm.

Fig. 6 zeigt die Aufwärtsverhältnisse der piezoelektrischen Wandler gemäß dem ersten, dem zweiten, dem dritten und dem vierten Ausführungsbeispiel und dem Vergleichsbeispiel, welche wie oben beschrieben erhalten wurden. Diese Aufwärtsverhältnisse wurden durch Variieren der Eingangsspannung mit einem Lastwiderstand von 1 MΩ an dem Ausgangsende gemessen. Wie es in Fig. 6 gezeigt ist, besteht zwischen den Aufwärtsverhältnissen des ersten, des zweiten, des dritten und des vierten Ausführungsbeispiels im wesentlichen kein Unterschied. Ferner zeigte das Vergleichsbeispiel im wesentlichen keinen Unterschied des Aufwärtsverhältnisses bezüglich derer des ersten, des zweiten, des dritten und des vierten Ausführungsbeispiels, wenn die Eingangsspannung relativ niedrig ist, wobei jedoch bei dem Vergleichsbeispiel ein Durchbruch auftrat, als die Eingangsspannung 10 Volt überschritt.

Ferner wurde eine Messung bezüglich der mechanischen Stärke der Abschnitte der piezoelektrischen Wandler durchgeführt, bei denen die Treiberelektroden 7a, ..., 7n gemäß dem ersten, dem zweiten, dem dritten und dem vierten Ausführungsbeispiel und dem Vergleichsbeispiel gebildet waren. Insbesondere wurde die transversale Bruchfestigkeit durch Durchführen eines Dreipunkt-Biegetests gemessen, bei dem eine Kraft in einer Richtung senkrecht zu der Oberfläche der Treiberelektrode angelegt wurde, wobei aus den Abschnitten, in denen die Antriebselektroden gebildet waren, 2 mm dicke, 20 mm lange und 2 mm dicke Quadratbalken geschnitten wurden. Die folgende Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse. Die Werte in den Klammern in Tabelle 1 sind der Weibull-Faktor m. Je größer dieser Wert ist, um so kleiner ist die Varianz.

Tabelle 1

Transversale Bruchfestigkeit [kg/cm ²]		
Erstes Ausführungsbeispiel	720	(20)
Zweites Ausführungsbeispiel	780	(18)
Drittes Ausführungsbeispiel	850	(25)
Viertes Ausführungsbeispiel	860	(28)
Vergleichsbeispiel	640	(12)

Aus Tabelle 1 ist es offensichtlich, daß das erste, das zweite, das dritte und das vierte Ausführungsbeispiel eine höhere Stärke und eine kleinere Varianz als das Vergleichsbeispiel zeigen. Das erste, das zweite, das dritte und das vierte Ausführungsbeispiel zeigen jeweils ansteigende mechanische Festigkeitspegel.

Ferner wurde eine Bewertung der Verschlechterung der Charakteristika der piezoelektrischen Wandler gemäß dem ersten, dem zweiten, dem dritten und dem vierten Ausführungsbeispiel und dem Vergleichsbeispiel bei einer hohen Temperatur und bei hoher Feuchtigkeit durchgeführt. Insbesondere wurden die Aufwärtsverhältnisse bei Bedingungen von 100°C und 90% relativer Feuchtigkeit gemessen, die eine vorbestimmte Zeitdauer lang an jede Probe angelegt wurden. Die folgende Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse.

Tabelle 2

	Anfängliches Aufwärtsver- hältnis	Aufwärtsver- hältnis nach 100 Stunden	Aufwärtsver- hältnis nach 1000 Stunden	
5				
10	Erstes Aus- führungsbei- spiel	149	143	140
15				
20	Zweites Aus- führungsbei- spiel	158	152	145
25				
30	Drittes Aus- führungsbei- spiel	167	160	155
35				
40	Viertes Aus- führungsbei- spiel	165	158	156
	Vergleichs- beispiel	151	145	54

45 Wie es in Tabelle 2 zu sehen ist, zeigen das erste, das zweite, das dritte und das vierte Ausführungsbeispiel einen höheren Feuchtigkeitswiderstand als das Vergleichsbeispiel.

Aus dem oben beschriebenen Vergleich zwischen dem ersten, dem zweiten, dem dritten, dem vierten Ausführungsbeispiel und dem Vergleichsbeispiel ist es offensichtlich, daß es das erste, das zweite, das dritte und das vierte Ausführungsbeispiel erlauben, daß die mechanische Stärke und der Feuchtigkeitswiderstand und auch die
50 Aufwärtscharakteristika verbessert werden und nicht unter die Aufwärtscharakteristika des Vergleichsbeispiels reduziert werden.

Patentansprüche

- 55 1. Piezoelektrischer Wandler mit folgenden Merkmalen:
einem laminierten Element (3), das aus einer Mehrzahl von piezoelektrischen Keramikmaterialschi-
chten (2a, ..., 2n) besteht;
einer ersten, einer zweiten und einer dritten Anschlußelektrode (4, 5, 6), die jeweils an unterschiedlichen
Positionen auf einer äußeren Oberfläche des laminierten Elements (3) gebildet sind;
60 einer Mehrzahl von ersten Treiberelektroden (7a, ..., 7n), die mit der ersten Anschlußelektrode (4) elek-
trisch verbunden sind; und
zumindest einer zweiten Treiberelektrode (8), die mit der zweiten Anschlußelektrode (5) elektrisch verbun-
den ist, wobei jede der zumindest einen zweiten Treiberelektrode (8) einer der ersten Treiberelektroden (7a,
..., 7n) durch mindestens eine der piezoelektrischen Keramikmaterialschi-
chten (2a, ..., 2n) gegenüberliegt,
65 die zwischen denselben positioniert ist, wobei zumindest eine der ersten Treiberelektroden (7a, ..., 7n) oder
die mindestens eine zweite Treiberelektrode (8) eine Mehrzahl von gelochten Abschnitten aufweist, um zu
bewirken, daß zwei piezoelektrische Keramikmaterialschi-
chten, die auf entgegengesetzten Seiten der Trei-
berelektroden (7a, ..., 7n, 8) positioniert sind, an einer Mehrzahl von Positionen miteinander verbunden

sind.

2. Piezoelektrischer Wandler gemäß Anspruch 1, bei dem die Treiberelektroden (7a, ..., 7n, 8), die die gelochten Abschnitte aufweisen, in der Form eines Gitters gebildet sind.

3. Piezoelektrischer Wandler gemäß Anspruch 1, bei dem die Treiberelektroden (7a, ..., 7n, 8), die die gelochten Abschnitte aufweisen, in der Form von Streifen gebildet sind.

5

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

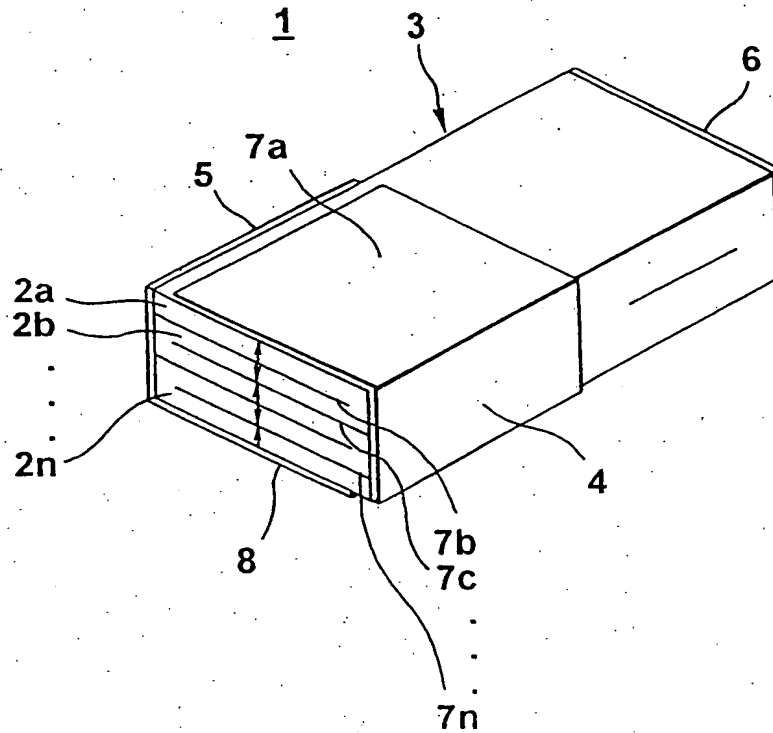


FIG. 1

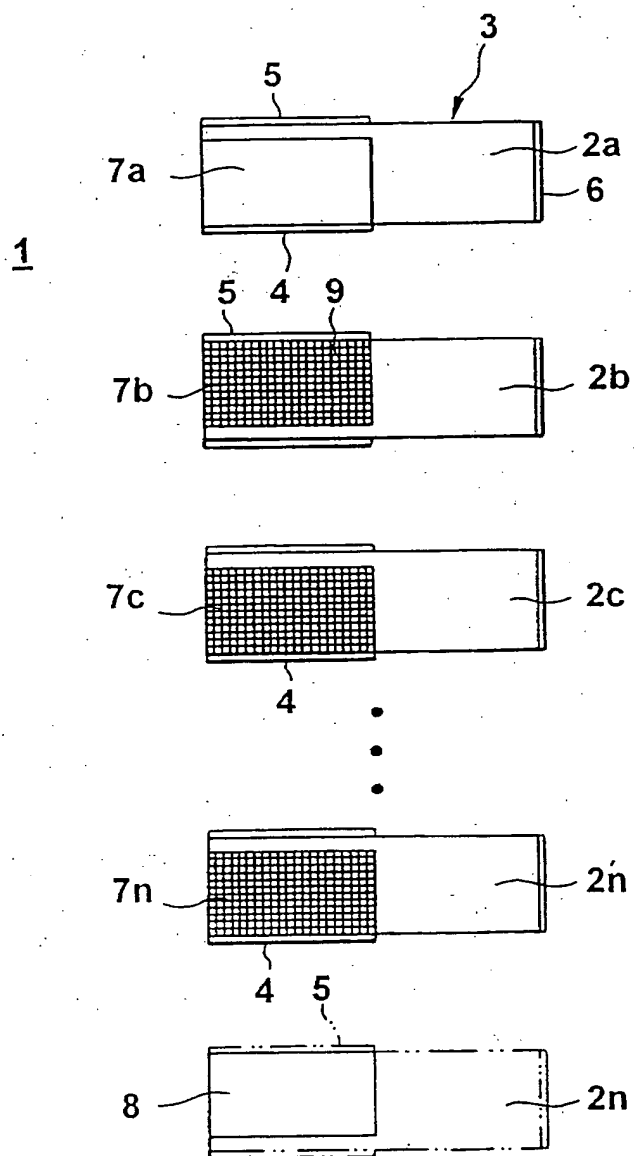


FIG. 2

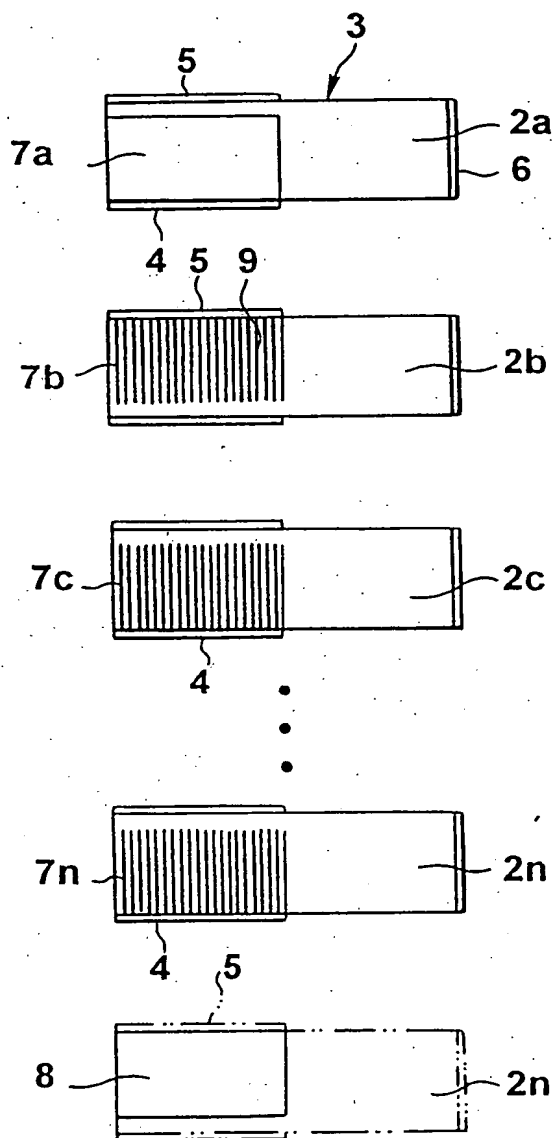


FIG. 3

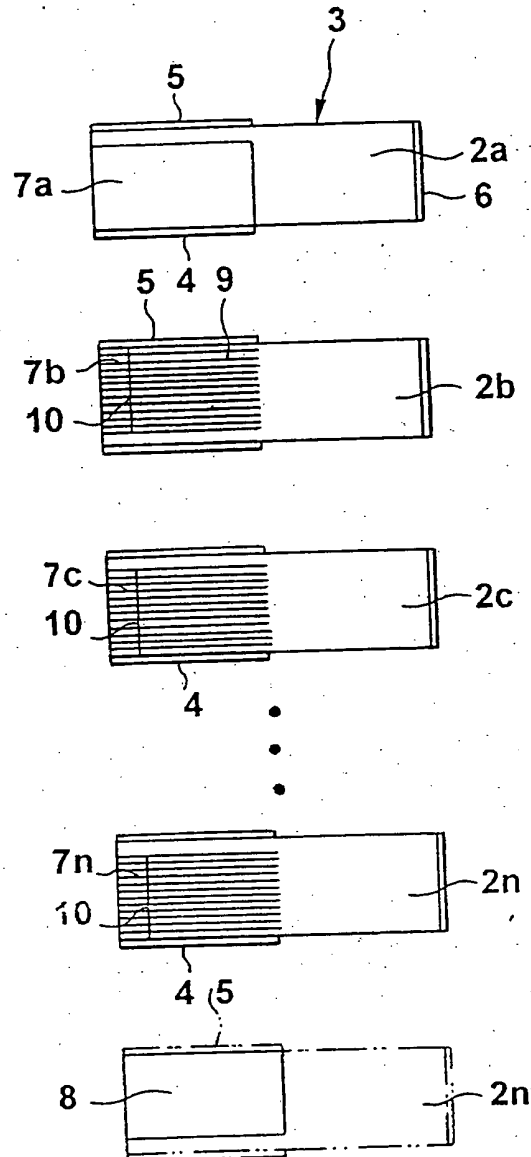


FIG. 4

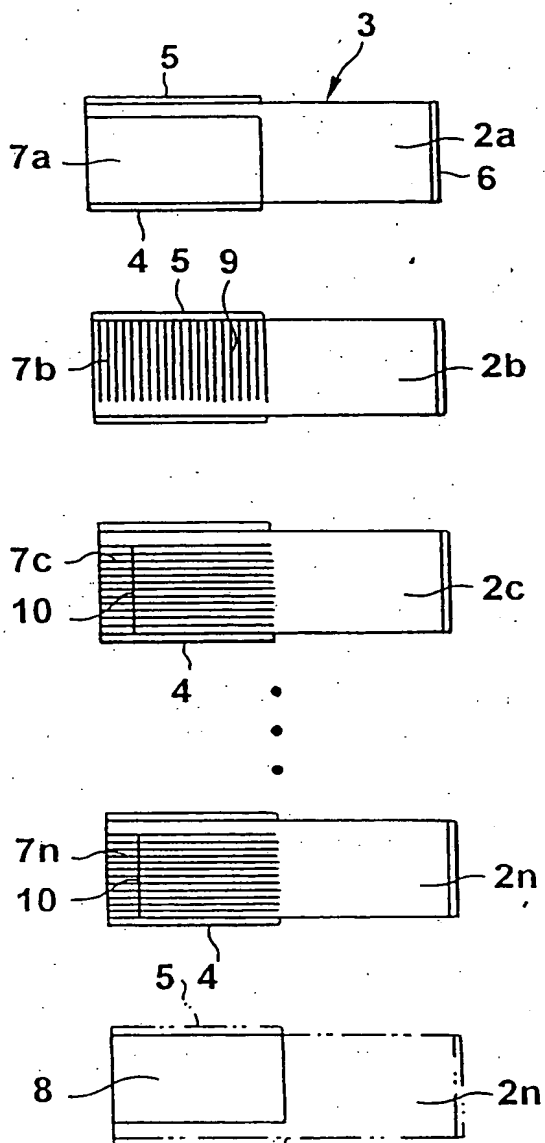
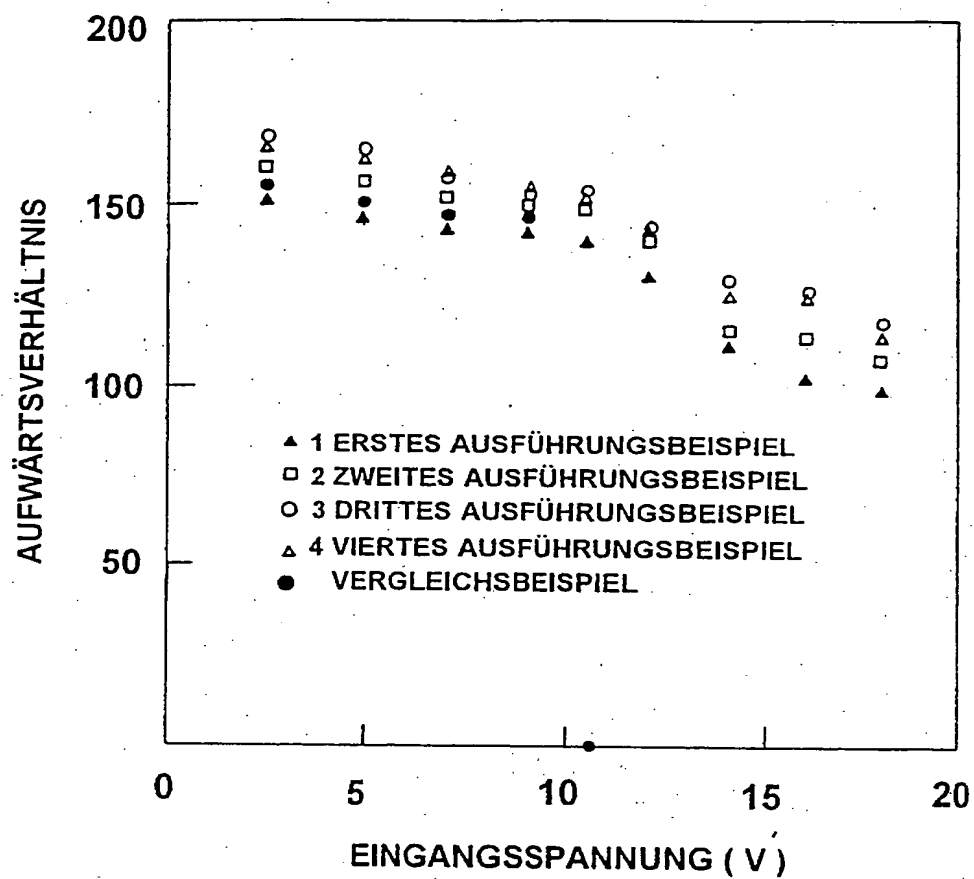


FIG.5

*FIG. 6*